



JP11316241

Biblio

Page 1

Drawing



## PROBE FOR SCANNING NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE AND SCANNING NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE

Patent Number: JP11316241  
Publication date: 1999-11-16  
Inventor(s): SASAKI YASUO  
Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP11316241  
Application Number: JP19980122196 19980501  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G01N37/00; G01B11/30  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a probe for a scanning near-field optical microscope, in which the detecting range of scattered light is not limited and by which the scattered light in a wide range can be detected, and to provide a scanning near-field optical microscope.

**SOLUTION:** A rectangular lever 12 in which a protrusion 10 is formed at its free end and a support part 14 which supports the base end of the lever 12 constitute a probe 8 for a scanning near-field optical microscope. A protrusion-part base end 200 whose tip forms a sharpened tetrahedron shape, and a scattering body 202 which is installed at the tip of the protrusion base end 200, constitute the protrusion 10. On the rear of the lever 12, a part excluding the tip region W of the lever 12 on the rear side of the protrusion 10 is coated with an aluminum film 20 in a prescribed thickness. As a result, the protrusion base end 200 and the tip region W of the lever 12 at the probe 8 are transparent with reference to the wavelength of incident light or the wavelength of light used to form an image.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-316241

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 37/00

G 0 1 N 37/00

E

D

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-122196

(22) 出願日 平成10年(1998)5月1日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 佐々木 靖夫

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

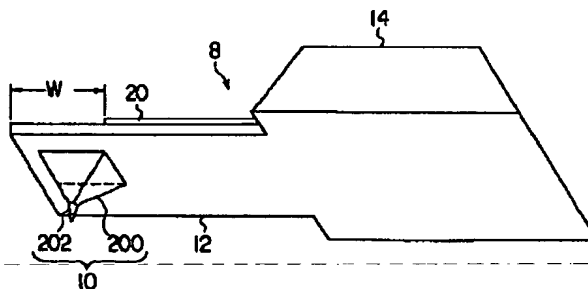
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】 走査型近接場光学顕微鏡用探針及び走査型近接場光学顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 散乱光の検出角度が制限されることなく、広い角度範囲の散乱光を検出することが可能な走査型近接場光学顕微鏡用探針及び走査型近接場光学顕微鏡を提供する。

【解決手段】 走査型近接場光学顕微鏡の探針8は、自由端に突起部10が設けられた短冊形レバー部12と、このレバー部の基端を支持する支持部14とから構成されており、突起部10は、先端が先鋭化した四面体形状を成した突起部基部200と、この突起部基部の先端に設けられた散乱体202とから構成されている。レバー部の背面には、突起部の背面側のレバー部の先端領域Wを除いた部分に所定の厚さのアルミニウム膜20がコーティングされている。このため、探針は、突起部基部及びレバー部の先端領域が、入射光の波長又は画像化に利用する光の波長に対して透明となっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 探針に近接して配置された試料の観察対象部位に光を照射して、試料の表面近傍に光の場を形成させた状態において、探針を試料に沿って移動させて走査をした際に、探針によって前記光の場から散乱した散乱光に基づいて、試料を観察する走査型近接場光学顕微鏡に用いられる探針であって、

前記探針の先端部分には、前記光の場から光を散乱させる散乱体が設けられており、且つ、散乱体が設けられた位置の近傍の材質は、この散乱体が設けられた側からその裏側に亘って透明な材質で構成したことを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡用探針。

【請求項2】 探針に近接して配置された試料の観察対象部位に光を照射して、試料の表面近傍に光の場を形成させた状態において、探針を試料に沿って移動させて走査をした際に、探針によって前記光の場から散乱した散乱光に基づいて、試料を観察する走査型近接場光学顕微鏡に用いられる探針であって、

前記探針の先端部分には、前記光の場から光を散乱させる散乱体が設けられており、且つ、散乱体が設けられた位置の周辺の形状を滑らかな平面状或いは凸面状に構成したことを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡用探針。

【請求項3】 探針に近接して配置された試料の観察対象部位に光を照射して、試料の表面近傍に光の場を形成させた状態において、探針を試料に沿って移動させて走査をした際に、探針によって前記光の場から散乱した散乱光に基づいて、試料を観察する走査型近接場光学顕微鏡に用いられる探針であって、

前記探針の先端部分には、前記光の場から光を散乱させる散乱体が設けられており、且つ、散乱体が設けられた位置の周囲には、この散乱体によって前記光の場から散乱した散乱光を直接検出可能な複数の検出手段を配置したことを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡用探針。

【請求項4】 探針に近接して配置された試料の観察対象部位に光を照射して、試料の表面近傍に光の場を形成させた状態において、探針を試料に沿って移動させて走査をした際に、探針によって前記光の場から散乱した散乱光に基づいて、試料を観察する走査型近接場光学顕微鏡に用いられる探針であって、

前記探針の先端部分には、前記光の場から光を散乱させる散乱体が設けられており、且つ、散乱体が設けられた位置の近傍には、この散乱体によって前記光の場から散乱した散乱光を一方向に回折する回折手段を設けたことを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡用探針。

【請求項5】 試料に光を照射する照射手段と、試料に近接して配置され、その先端部の寸法が照射手段からの光の波長の2倍以下であって、且つ、照射手段から試料に光を照射した際に、この試料の表面近傍に形成された光の場から光を散乱させる散乱手段と、この散乱手段を保持すると共に、散乱手段を保持した位

置の近傍において、散乱手段が設けられた側からその裏側に亘って透明な材質から成る保持手段と、

前記光の場から散乱した散乱光を検出する検出手段と、前記試料と前記散乱手段との間の距離を制御する制御手段と、

前記試料と前記散乱手段との間の位置を相対的に移動させる走査手段とを備えていることを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項6】 試料に光を照射する照射手段と、

10 試料に近接して配置され、その先端部の寸法が照射手段からの光の波長の2倍以下であって、且つ、照射手段から試料に光を照射した際に、この試料の表面近傍に形成された光の場から光を散乱させる散乱手段と、

この散乱手段を保持すると共に、散乱手段を保持した位置の周辺の形状が、滑らかな平面状或いは凸面状を成す保持手段と、

この保持手段の平面或いは凸面の傾きを調整する傾き調整手段と、

20 前記光の場から散乱した散乱光を検出する検出手段と、前記試料と前記散乱手段との間の距離を制御する制御手段と、

前記試料と前記散乱手段との間の位置を相対的に移動させる走査手段とを備えていることを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項7】 試料に光を照射する照射手段と、

30 試料に近接して配置され、その先端部の寸法が照射手段からの光の波長の2倍以下であって、且つ、照射手段から試料に光を照射した際に、この試料の表面近傍に形成された光の場から光を散乱させる散乱手段と、

この散乱手段を保持する保持手段と、

この保持手段上において、前記散乱手段の周囲に設けられており、前記光の場から散乱した散乱光を検出する複数の検出手段と、

前記試料と前記散乱手段との間の距離を制御する制御手段と、

前記試料と前記散乱手段との間の位置を相対的に移動させる走査手段とを備えていることを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項8】 試料に光を照射する照射手段と、

40 試料に近接して配置され、その先端部の寸法が照射手段からの光の波長の2倍以下であって、且つ、照射手段から試料に光を照射した際に、この試料の表面近傍に形成された光の場から光を散乱させる散乱手段と、

この散乱手段を保持する保持手段と、

この保持手段上において、前記散乱手段の周囲に設けられており、前記光の場から散乱した散乱光を一方向に回折する回折手段と、

50 前記光の場から散乱した散乱光を検出する検出手段と、前記試料と前記散乱手段との間の距離を制御する制御手段と、

前記試料と前記散乱手段との間の位置を相対的に移動させる走査手段とを備えていることを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡。

【請求項9】 試料に光を照射する照射手段と、試料に近接して配置され、その先端部の寸法が照射手段からの光の波長の2倍以下であって、且つ、照射手段から試料に光を照射した際に、この試料の表面近傍に形成された光の場から光を散乱させる散乱手段と、この散乱手段を保持する保持手段と、前記光の場から散乱した散乱光を結像させる結像手段と、この結像手段の結像位置よりも後方に設けられており、前記光の場から散乱した散乱光を角度依存性に基づいて検出可能な検出手段と、前記試料と前記散乱手段との間の距離を制御する制御手段と、前記試料と前記散乱手段との間の位置を相対的に移動させる走査手段とを備えていることを特徴とする走査型近接場光学顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料の表面情報や光学情報等を測定することが可能な走査型近接場光学顕微鏡用探針及び走査型近接場光学顕微鏡に関する。なお、本発明の技術分野において、光学情報とは、例えば、試料の物性、組成、形状などに関する情報である。

【0002】

【従来の技術】現在、試料の表面情報や光学情報等を測定する測定装置として、走査型プローブ顕微鏡（SPM）が知られており、このSPMは、探針（プローブ）を試料表面に対して1 $\mu$ m以下まで近接させた際に両者の間に働く相互作用を検出しながら探針をXY方向あるいはXYZ方向に走査することによって、試料の表面情報を測定する装置であり、例えば、走査型トンネル顕微鏡（STM）、原子間力顕微鏡（AFM）、磁気力顕微鏡（MFM）、走査型近接場光学顕微鏡（SNOM）の総称である。

【0003】このようなSPMの中で、特に、SNOMは、1980年代以降、“波長より小さい寸法（厚さ）の領域に局在し、自由空間を伝搬しない”という特性を有するエバネッセント場（波）を検出することによって、光の回折限界を超える分解能を実現した光学顕微鏡であり、生体試料の蛍光測定や、フォトニクス材料及び素子の評価（誘電体光導波路の各種特性評価、半導体量子ドットの発光スペクトルの測定、半導体面発光素子の諸特性の評価など）等への応用をめざして盛んに開発が進められている。

【0004】このようなSNOMには、先端を先鋭化させて探針とした棒状探針が用いられており、基本的には測定用照明光が照射された試料表面に探針を接近させな

がら探針を走査することによって、試料の表面近傍の光の場の状態（例えば、試料の光学情報）を検出することができるようになっている。例えば、1993年12月21日付けでベテッヒ（Betzig）等に付与されたUSP5,272,330号公報には、先鋭化した探針先端の微小開口の近傍にエバネッセント場を発生させた状態において、エバネッセント場を試料に接触させた際、エバネッセント場と試料の接触により発生した光を試料の下に配置された光検出器で検出し、光強度を2次元マッピングすることによって、試料の光学情報（SNOM像）を測定することができるSNOMが開示されている。

【0005】このSNOMでは、探針は、先端を細く加工した光ファイバーやガラス棒、或いは水晶探針で作成されている。この探針の改良品として、先端の微小開口部を残して他の部分を金属皮膜で覆った探針が市販されている。このような金属の皮膜は、横方向の解像度を向上させる効果がある。

【0006】一方、AFMは、探針先端を試料表面に接近又は接触した際に、探針先端と試料表面との間に働く相互作用力に応じて変位する探針の変位を例えば光学式変位センサを用いて光学的に検出することによって、試料の表面情報を測定することができるようになっている。例えば、特開昭62-130302号公報には、試料表面と探針先端との間の相互作用力を2次元マッピングすることによって、試料の表面情報（例えば、試料表面の凹凸情報）を測定することができるAFMが開示されている。なお、このようなAFM技術は、他のSPM装置にも応用されており、試料と探針との間の距離を一定に保つための手段即ちレギュレーションを行なう手段として用いられている。

【0007】また、例えばファンフルスト（N.F.Van Hulst）等は、SNOM技術を応用することによって、試料の光学情報をSNOM測定しながら同時に試料の表面情報をAFM測定することが可能なSNOM装置を提案している（Appl.Phys.Lett.62(50)p.461(1993)参照）。即ち、ファンフルスト等のSNOM装置では、試料表面近傍に局在しているエバネッセント場に窒化シリ

コン製のAFM用探針を差し入れて、エバネッセント場を散乱させて伝搬光に変換した際、探針先端より入り、探針を透過した光を検出することによって試料の光学情報がSNOM測定されると同時に、探針の変位を検出することによって試料の表面情報がAFM測定される。

【0008】ところで、ベテッヒやファンフルスト等のSNOMは、いずれも探針を介して光を伝搬させる必要上、少なくとも探針先端は、光学的に透明でなければならない。この場合、探針先端には、光が通過可能な開口を形成する必要があるが、先端に開口が形成された探針を大量に、しかも均一な精度で作製することは容易なことではない。

【0009】特に、超解像度が要求されるSNOMに

10

20

30

40

50

は、通常の光学顕微鏡で実現可能な分解能を越える分解能が求められており、この要求を満足するためには、探針先端の開口径は、少なくとも $0.1\mu\text{m}$ 以下（好ましくは、 $0.05\mu\text{m}$ 以下）であることが必要である。

【0010】このような限定条件の下、探針の開口を再現性良く形成することが極めて困難である。更に、開口を通して探針内に入射する光の量は、開口半径の2乗に比例して少なくなるため、SNOM像の分解能を向上させるように、開口径を小さくすると、逆に、検出光量が減少してS/N比が悪くなってしまふ。

【0011】そこで、河田等は、特開平6-137847号公報において、先端に開口を必要としない探針を備えたSNOMを提案している。このSNOMは、試料の表面近傍に局在しているエバネッセント場を探針によって散乱させて伝搬光に変換した際、探針の外側を伝搬する伝搬光即ち散乱光を例えば探針の側方に配置された光検出器で検出することによって、試料の光学情報を得ることができるようになっていゝ。なお、このようなSNOMは、散乱光をSNOM情報として検出しているため、散乱モードSNOMと呼ばれている。

【0012】また、フィッシャー（Fischer）等は、微小な金属球を付けた透明平板を試料上にセットした状態において、この透明平板上からほぼプラズモン励起周波数でレーザー光を入射させた際、金属球に発生するローカルプラズモンを散乱光として利用することによって、散乱モードSNOM測定を行う技術を報告している（Phys. Rev. Lett. 62(1989)p. 458 参照）。

【0013】なお、河田等は、第42回日本応用物理学関係連合講演会（予稿集No. 3、916頁、1995年3月）において、STM用金属探針を使用した散乱モードSNOM装置を提案している。この散乱モードSNOM装置では、試料表面と探針先端との間の距離をフィードバック制御している間、試料表面近傍に局在しているエバネッセント場から散乱した散乱光を探針及び試料の横方向から観察することによって、STM測定と同時に散乱モードSNOM測定を行っている。更に、第43回日本応用物理学関係連合講演会（予稿集No. 3、867頁、1996年3月）において、河田等は、斜め上方から試料に光を照射した際に、探針先端と試料表面との間に生じる多重散乱状態を検出することによって散乱モードSNOM測定が可能であることを報告している。また、Opt. Lett. 20(1995)p. 1924において、バケロット（Bachelot）等は、先端に開口を必要としない探針を用いた散乱モードSNOM装置を報告している。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したように、散乱モードSNOMの探針は、先端に開口を必要としないが、このような装置に適用されるシリコン製の探針は、高分解能のAFM測定情報を得ることができると同時に、その屈折率が高いため、散乱効率が高く、散

乱モードのSNOM測定用探針に有利である。

【0015】しかしながら、探針は、板状レバー部の先端から突起部を突出させた構造になっており、レバー部で散乱光が遮光され、散乱光を効率良く利用できないといった問題を有している。

【0016】また、散乱光の角度分解は、高コントラスト化や高分解能化のために重要であるが、レバー部で散乱光が遮光されてしまうといった理由から、利用可能な角度は、一定の範囲内に限定されてしまふ。

10 【0017】更に、既存の装置の多くには、光学顕微鏡観察用及び散乱信号集光用の対物レンズが試料の上方に設けられているため、散乱光の角度依存性測定用の装置を配置させることができない。

【0018】本発明は、このような問題を解決するために成されておゝ、その目的は、散乱光の検出角度が制限されること無く、広い角度範囲の散乱光を検出することが可能な走査型近接場光学顕微鏡用探針及び走査型近接場光学顕微鏡を提供することにある。

【0019】

20 【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の走査型近接場光学顕微鏡用探針は、散乱モードSNOM用の探針において、探針を先端部の散乱体と、それ以外の部分に分け、散乱体が設けられた位置の近傍の材質をこの散乱体が設けられた側からその裏側に亘って透明な材質で構成したり、或いは、散乱体が設けられた位置の周辺の形状を滑らかな平面状或いは凸面状に構成した。更に、本発明において、散乱体が設けられた位置の周囲には、散乱体からの散乱光を直接検出可能な複数の検出手段を配置したり、或いは、散乱体

30 【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態に係る走査型近接場光学顕微鏡及びこれに用いられる探針について、添付図面を参照して説明する。図1に示すように、本実施の形態の走査型近接場光学顕微鏡は、AFM/SNOMの同時測定を行うことができると共に光学顕微鏡観察を行うことができるように、後述する光学顕微鏡、AFM測定系、SNOM測定系を組み込んで構成されている。

【0021】このため、走査型近接場光学顕微鏡には、SNOM測定時にSNOM測定用照明光を探針8の突起部10（図3参照）先端近傍の試料2裏面側に、突起部10先端以外の部分からの散乱光の発生を最小限に抑制するように集光させることが可能なSNOM測定用照明装置100が設けられている。

【0022】図1及び図3に示すように、走査型近接場光学顕微鏡は、試料2が載置可能な試料台4を支持し且つこの試料台4を所定方向に移動させることができる圧

電体スキャナ6と、試料2の表面情報（AFM測定情報）及び光学情報（SNOM測定情報）を検出するための探針8とを備えている。

【0023】探針8は、自由端に突起部10が設けられた短冊形レバー部12と、このレバー部12の基端を支持する支持部14とから構成されており、この探針8は、突起部10が対物レンズ16の視野内に位置付けられるようになっている。

【0024】突起部10は、先端が先鋭化した四面体形状を成した突起部基部200と、この突起部基部200の先端（探針先端部）に設けられた散乱体202とから構成されている。散乱体202は、入射光の波長以下（例えば、2倍以下）の大きさに設定されており、例えば高屈折率誘電体材料又は金属材料で形成されている。なお、散乱体202は、その先端部分の半径が波長以下の大きさであれば、その先端部分から基端部分（即ち、突起部基部200に接した接触部分）までの長さ及び接触部分の寸法は、共に、波長以上でも良い。

【0025】なお、探針8の散乱体202以外の部分、即ち突起部基部200、レバー部12、支持部14は、散乱体202を保持する保持手段に相当する。このような探針8は、例えば単結晶の窒化シリコン材料を用いた半導体加工プロセスによって母体を作製した後、その突起部先端部にSEM等で粒子線ビームを照射し、チャンバー内に微量含まれる炭素等を堆積させることによって作成することができる。そして、レバー部12の背面（突起部10が形成されていない側面）には、突起部10の背面側のレバー部12の先端領域Wを除いた部分に所定の厚さのアルミニウム膜（高反射膜）20がコーティングされている。

【0026】このため、本実施の形態に適用した探針8においては、突起部基部200及びレバー部12の先端領域Wが、入射光の波長又は画像化に利用する光の波長に対して透明となっている。

【0027】また、圧電体スキャナ6には、コンピュータ22から出力された走査信号に基づいて、圧電体スキャナ6を駆動するスキャナ駆動回路24が接続されている。この構成によれば、スキャナ駆動回路24を介して走査信号を圧電体スキャナ6に印加することによって、試料台4と共にこの試料台4上の試料2をXYZ方向に三次元変位させることが可能となる。

【0028】また、圧電体スキャナ6は、Z方向に移動自在の粗動ステージ26に固定されており、この粗動ステージ26には、コンピュータ22から出力された駆動信号に基づいて、粗動ステージ26を駆動する粗動ステージ駆動回路28が接続されている。

【0029】この構成によれば、コンピュータ22からの駆動信号を粗動ステージ駆動回路28に入力することによって、圧電体スキャナ6をZ方向に変位させることが可能となる。このように圧電体スキャナ6を変位させ

ることによって、試料台4上の試料2の大まかな位置合わせ（例えば、試料2と探針8との間の大まかな位置合わせ）を行うことが可能である。

【0030】次に、走査型近接場光学顕微鏡に組み込まれている光学顕微鏡について、図1及び図5を参照して説明する。図1において、光学顕微鏡には、試料台4上の試料2に顕微鏡観察用照明光を照射する顕微鏡照明系と、この顕微鏡照明系からの照明光を試料2に集光する集光手段と、試料2の観察面を調整するための接眼光学系とが設けられている。

【0031】顕微鏡照明系は、顕微鏡観察用照明光を射出する光源30と、この光源30に光ファイバ32を介して光学的に接続された照明用鏡筒34と、この照明用鏡筒34内に設けられた照明用ビームスプリッタ36とを備えている。

【0032】照明用ビームスプリッタ36は、例えば図5において、明視野照明用ハーフプリズム150と、円形遮光部152aを有する暗視野照明用ハーフプリズム152とから構成されており、これらハーフプリズム150、152は、夫々、案内ガイド154に沿って移動可能なスライド156上に搭載されている。そして、スライド156を案内ガイド154に沿って移動させることによって、光路上に明視野照明用ハーフプリズム150又は暗視野照明用ハーフプリズム152のいずれか一方を選択的に位置付けることができるようになっている。

【0033】この構成によれば、図1に戻ると、光ファイバ32を介して照明用鏡筒34内に導光された照明光は、照明用ビームスプリッタ36から反射した後、レンズ38からメインビームスプリッタ40に導光される。

【0034】また、集光手段としては、上記対物レンズ16が併用されている。従って、レンズ38からメインビームスプリッタ40に導光された照明光は、メインビームスプリッタ40から反射した後、集光手段即ち対物レンズ16によって、試料台4上の試料2に照射される。このとき、試料2の表面（観察面）から反射した反射光（試料表面の像光）は、対物レンズ16によってメインビームスプリッタ40に照射された後、レンズ38及び照明用ビームスプリッタ36を透過して接眼光学系に導光される。

【0035】接眼光学系は、試料2の観察面から反射した反射光をCCDカメラ42に導光するための接眼用ビームスプリッタ44及び接眼用鏡筒46と、CCDカメラ42に受光された反射光に画像処理を施して、モニターテレビ48に表示する画像処理器50とを備えている。

【0036】この構成によれば、レンズ38及び照明用ビームスプリッタ36を介して導光された反射光（試料2の観察面からの反射光）は、接眼用ビームスプリッタ44から反射した後、接眼用鏡筒46を介してCCDカ

メラ42に導光される。この結果、画像処理器50によってモニターテレビ48に試料2の観察面の画像が表示される。なお、接眼用鏡筒46は、Z方向に移動制御された移動ステージ52に固定されており、この移動ステージ52を移動させることによって、試料2の観察面の高さを調整することができる。

【0037】次に、走査型近接場光学顕微鏡に組み込まれているAFM測定系について、図1及び図3を参照して説明する。AFM測定系は、探針8を所定の共振周波数で励振させながら試料2の表面情報を測定（ダイナミックモード測定）するように、取付部材18に取り付けられた圧電体54を備えている。

【0038】圧電体54には、コンピュータ22から出力される励振信号に基づいて、圧電体54に所定の振幅且つ周波数の正弦波信号を印加する励振回路56が接続されている。

【0039】この構成によれば、励振回路56から正弦波信号を圧電体54に印加して圧電体54を励振させると、このとき生じる励振運動が、図3において、探針8の支持部14を介してレバー部12に伝達されることによって、レバー部12を所定の振動振幅で励振させる。この結果、探針8の自由端が、所定の振幅及び共振周波数で振動する。

【0040】図1に戻り、AFM測定系には、光てこ方式の探針変位センサが設けられており、この探針変位センサは、レバー部12の背面にAFM測定光L1を照射可能な半導体レーザ58と、レバー部12の背面から反射した反射光L2を受光可能な二分割フォトディテクタ60と、二分割フォトディテクタ60から出力された変位信号に信号処理を施す信号処理回路62とを備えている。また、半導体レーザ58は、制御回路64によってレーザー出力が制御されている。

【0041】この構成によれば、半導体レーザ58からレバー部12にAFM測定光L1が照射されたとき、レバー部12から反射した反射光L2は、二分割フォトディテクタ60によって所定の変位信号に変換された後、信号処理回路62に入力される。

【0042】このとき、信号処理回路62は、入力した変位信号に基づいて、探針8の振動振幅が一定に維持されるように、スキャナ駆動回路24を介して圧電体スキャナ6をフィードバック制御する。フィードバック制御中、信号処理回路62から出力されたフィードバック信号（即ち、AFM信号）は、コンピュータ22に取り込まれた後、画像処理が施される。この結果、AFM測定情報（試料2の表面情報）がモニタ66に表示される。なお、信号処理回路62は、励振回路56からの正弦波信号に基づいて、この正弦波信号の周波数に同期した信号を取り出すことができるように制御されている。また、光てこの代わりに、例えば臨界角方式の変位センサを用いても良い。

【0043】このようなAFM測定系の測定プロセスについて簡単に説明すると、まず、粗動ステージ26によって試料2と探針8の突起部10との間の距離を大まかに調整した後、突起部10が試料2のAFM測定ポイントに位置付けられるように、上述した光学顕微鏡によってAFM測定ポイントを観察しながら、圧電体スキャナ6によって、突起部10先端と試料2表面との間の距離や位置関係を微調整する。次に、圧電体54によって探針8の自由端を試料2表面に対して略垂直方向に一定の振幅で振動させる。この状態で、圧電体スキャナ6によって試料2をXY方向に移動させて、突起部10先端を試料2表面に沿って相対的にXY走査させる。このとき、光てこ方式の探針変位センサ（具体的には、信号処理回路62）から出力された変位信号に基づいて、探針8の振動振幅が一定に維持（突起部10先端と試料2表面との間の距離が一定に維持）されるように、スキャナ駆動回路24を介して圧電体スキャナ6をZ方向にフィードバック制御する。このようなフィードバック制御中、信号処理回路62から出力されたフィードバック信号（即ち、AFM信号）は、コンピュータ22に取り込まれた後、画像処理が施される。この結果、AFM測定情報（試料2の表面情報）がモニタ66に表示される。

【0044】次に、走査型近接場光学顕微鏡に組み込まれているSNOM測定系について、図1～図4を参照して説明する。SNOM測定系には、突起部10先端以外の部分からの散乱光の発生を最小限に抑制するように、SNOM測定用照明光M（図4参照）を探針8の突起部10先端近傍の試料2裏面側に集光させることが可能なSNOM測定用照明装置100と、試料2のSNOM測定情報（光学情報）を検出可能なSNOM検出ユニット70とが設けられている。

【0045】SNOM測定用照明装置100は、突起部10先端に対する光入射位置及び光入射角 $\theta$ の調整機能を有する光入射光学系と、この光入射光学系から射出されたSNOM測定用照明光Mを突起部10先端近傍の試料2裏面で全反射させる全反射プリズム（直角プリズム）102とを備えており、これら光入射光学系及び全反射プリズム102は、共に、粗動ステージ26上に配置された照明ユニット104内に設けられている。

【0046】図4において、照明ユニット104は、粗動ステージ26上に固定された支柱106と、この支柱106に対して図中矢印R方向に回動可能であって且つ図中矢印D方向（図4では、X軸方向）に往復動可能な可動体108とから構成されている。

【0047】全反射プリズム102は、支柱106から延出したアーム106aの先端に支持されており、試料台4に形成された開口4aから露出されている。そして、試料2を試料台4上に載置する場合、全反射プリズム102の上面に適量のマッシングオイル110を垂らした後、試料2をセットした例えばスライドガラス11

## 11

2を試料台4上に載置する。この結果、スライドガラス112と全反射プリズム102とは、光学的に結合される。

【0048】この場合、全反射プリズム102は、アーム106aによって試料台4とは独立して支持されているため、圧電体スキャナ6を駆動させている間、試料台4の移動に影響されることなく不動に保たれる。

【0049】一方、光入射光学系は、可動体108に内蔵されており、レーザー光源114（図1参照）からファイバ116を介して導光されたSNOM測定用照明光Mを平行光束に規制するコリメーターレンズ118と、このコリメーターレンズ118によって平行光束に規制されたSNOM測定用照明光Mを反射する固定ミラー120と、この固定ミラー120から反射されたSNOM測定用照明光Mを全反射プリズム102方向（突起部10先端近傍の試料2裏面方向、具体的には、スライドガラス112と試料2との界面方向、又は、試料2と大気との界面方向）に反射する可動ミラー122とを備えている。なお、可動体108には、ファイバ116とコリメーターレンズ118との間の光路中に、所定の波長の光のみを通過させるフィルタ117が配置されている。

【0050】可動ミラー122は、突起部10先端に対する入射光の俯角（又は、仰角）を調整（入射位置調整）することができるように、図4中矢印T方向に回動可能であって、且つ、図4中矢印H方向（図4は、Z軸方向）に往復動可能になっている。

【0051】このようなSNOM測定用照明装置100によれば、可動ミラー122を矢印T方向及びH方向に移動調整することによって、突起部10先端に対する入射光の俯角（又は、仰角）を調整（入射位置調整）することができると共に、支柱106に対して可動体108を矢印R方向及びD方向に移動調整することによって、突起部10先端に対するSNOM測定用照明光Mの入射角 $\theta$ を調整することができる。この結果、可動ミラー122から全反射プリズム102に入射した光は、全反射プリズム102の上面（即ち、スライドガラス112と試料2との界面又は試料2と大気との界面）で全反射し、このとき、試料2の表面近傍には、エバネッセント場（波）が局在する。

【0052】また、図1に戻り、SNOM検出ユニット70は、SNOM測定用照明光Mを突起部10先端近傍の試料2に全反射角度で照射している状態（即ち、試料2の表面近傍にエバネッセント場（波）が局在している状態）において、粗動ステージ26を駆動して試料2の表面近傍に対して突起部10を相対的に接近走査させた際、突起部10によってエバネッセント場（波）から散乱した散乱光を集光させる集光手段と、この集光手段によって集光した散乱光を検出する光検出手段とを備えている。

【0053】集光手段としては、上記対物レンズ16が

## 12

併用されている。従って、突起部10によって散乱した散乱光（突起部10先端近傍からの散乱光）のうち、対物レンズ16の視野内の散乱光が、対物レンズ16によって光検出手段方向へ集光されることになる。

【0054】光検出手段は、入射光を電気信号に変換して増幅する光電子増倍管76と、対物レンズ16を介して集光された散乱光を光電子増倍管76に導光するレンズ群78及びピンホール162とを備えている。なお、光電子増倍管76は、制御器80によって制御されている。

【0055】このような構成によれば、SNOM測定用照明光Mを突起部10先端近傍の試料2裏面に所定の入射角（全反射角）で照射して、試料2の表面近傍にエバネッセント場（波）を局在させた状態において、一定の振動振幅で探針8を励振させながら突起部10を試料2表面に沿って走査している間（AFM測定中）、エバネッセント場（波）に刺し入れられた突起部10によって散乱した散乱光は、対物レンズ16を介して集光する。

【0056】このような散乱光は、可回転式偏光子160によって特定偏光成分が抽出された後、メインビームスプリッタ40及びレンズ群78からピンホール162を介して光電子増倍管76に導光される。このとき、光電子増倍管76から出力された電気信号は、アンプ82によって増幅された後、ロックインアンプ84に入力される。なお、ピンホール162は、対物レンズ16とレンズ群78に対して、突起部10先端と光学的に共役な位置（結像位置）に配置されており、突起部10先端近傍で発生した散乱光以外の成分をカットするようになっている。

【0057】ロックインアンプ84は、上記励振回路56からの正弦波信号に基づいて、この正弦波信号の周波数に同期した電気信号即ち光学情報信号を抽出することができるように制御されている。

【0058】この後、ロックインアンプ84から出力された光学情報信号（即ち、SNOM信号）が、コンピュータ22によって信号処理が施されることによって、試料2の光学情報（SNOM測定情報）がモニタ66に表示される。

【0059】このようなSNOM測定中、全反射プリズム102から反射した反射光は、フォトディテクタ164によって、その光強度が検出され、例えばSNOM測定用照明光Mが正しく全反射されているか否かの確認が行われる。

【0060】また、例えば図2に示すように、光電子増倍管76の受光部76a、76b、76cを結像面（ピンホール162が配置された面）よりも後方に複数個配置すると共に、各々の受光部76a、76b、76cを所定の角度で配列し、これら受光部76a、76b、76cからの電気信号をコンピュータ22によって選択的に抽出できるように構成すれば、散乱光の角度依存性を



13

考慮したSNOM測定情報を得ることができる。この場合、受光部76a、76b、76cからの電気信号を選択的に抽出するための手段としては、例えばコンピュータ22によって制御可能なアナログスイッチ130を適用すれば良い。なお、受光部を複数個配置する代わりに、1個の受光部を可動にすることによっても角度依存性を考慮したSNOM測定が可能である。この角度依存性測定は、通常の（一部が透明である）散乱型探針に対しても適用可能である。

【0061】このように本実施の形態によれば、突起部基部200及びレバー部12のレバー部先端領域Wが、入射光の波長又は画像化に利用する光の波長に対して透明となっている探針8を用いたことによって、突起部基部200及びレバー部12で遮光されることなく、突起部10先端から散乱した散乱光を集光手段（即ち、対物レンズ16）で集光させることができるため、広い角度範囲の散乱光を検出することが可能となり、その結果、高分解能なSNOM測定情報を得ることができる。

【0062】更に、本実施の形態において、突起部10先端とピンホール162とが共役な位置に配置されているため、光学顕微鏡観察照明の下でも、突起部10先端から散乱する微小な散乱光を検知することが可能であり、この結果、試料2の顕微鏡像と光学情報（SNOM像）との同時観察が可能となる。

【0063】なお、上述した実施の形態において、光学顕微鏡は、AFM測定ポイントに対する突起部10の位置合わせに用いるだけでなく、種々の光学的観察に利用することができる。例えば、試料2の観察位置の特定、探針変位センサのAFM測定光L1の照射位置の確認などに用いることができる。なお、このような観察目的に対応すれば、光学顕微鏡に代えて、例えば、実体顕微鏡、ルーペ、電子顕微鏡などの他の観察手段を用いることも可能である。

【0064】また、上述した実施の形態では、ダイナミックモードAFMについて説明したが、スタティックモードAFMにも本実施の形態の測定装置を適用することが可能である。この場合には、探針8は、励振せず、試料2表面に突起部10先端が接近した際に生じる探針8の変位（Z方向変位）を検出し、この検出値（試料2表面と突起部10先端との間の距離）を一定に維持するようにフィードバック制御しながら、突起部10を試料2に沿ってXY走査することによって、AFM測定が行われる。そして、このようなスタティックモードAFM測定中、上述した実施の形態と同様に、エバネッセント場（波）に刺し入れられた突起部10によって散乱した散乱光Sを取り込むことによって、光学情報（SNOM像）を得ることができる。

【0065】また、上述した実施の形態では、試料2裏面にSNOM測定用照明光Mを入射させた際、試料2表面に局在しているエバネッセント場（波）からSNOM

14

情報を得ているが、これに限定されることは無く、例えば、図6に示すように、試料2表面にSNOM測定用照明光Mを入射させ、このとき試料2表面の光の場からSNOM情報を得るように構成しても良い。この場合には、全反射プリズム102は必ずしも必要では無く、可動ミラー122によってSNOM測定用照明光Mを試料2表面に直接入射させれば良い。但し、この場合にも、上述した実施の形態と同様に、突起部10先端以外の部分からの散乱光の発生を最小限に抑制するように、突起部10先端に対するSNOM測定用照明光Mの入射位置及び入射角を夫々調整することが好ましい。

【0066】なお、本発明は、上述した実施の形態の構成に限定されることは無く、以下のように種々変更することが可能である。その第1の変形例として、例えば図7に示すような形状を成した突起部10aを有する探針8を適用しても上述した実施の形態と同様の作用効果を実現することができる。

【0067】具体的には、本変形例に適用した突起部10aは、略直方体形状の突起部基部200aを有しており、この突起部基部200aの先端面（即ち、試料2に対向した側の面）が、波長以上の範囲に亘って平坦面又は滑らかな凸状曲面を成している。そして、この先端面上に散乱体202aが設けられている。なお、他の構成は、上述した実施の形態と同一であるため、その説明は省略する。

【0068】本変形例に適用した突起部10aは、凹凸のある試料2の場合、散乱体202aが試料2の凹所に完全に入り込めないため高分解能の画像化は難しいが、平面状試料2に限定すれば、散乱体202a以外での散乱は起こり得ないので、高分解能な画像情報（AFM測定情報やSNOM測定情報）を得ることができる。

【0069】また、第2の変形例として、例えば図8に示すように、複数本（例えば3本）の柱250によって支持された透明な弾性板252と、この弾性板252の下面（即ち、試料2に対向した側の面）に設けられた透明板254と、この透明板254の先端面（即ち、試料2に対向した側の面）に設けられた散乱体256と、複数本（例えば2本）の柱250に夫々設けられた傾き調整機構258とによって探針8を構成しても良い。

【0070】具体的には、本変形例に適用した透明板254は、入射光の波長及び画像化に利用する波長に対して充分な透過率を有していると共に、その先端面が波長以上の範囲に亘って平坦面又は滑らかな凸状曲面を成しており、この先端面上に散乱体256が設けられている。また、傾き調整機構258は、試料2に対する透明板254の先端面の傾きを調整することができるようになっている。なお、他の構成は、上述した実施の形態と同一であるため、その説明は省略する。

【0071】このような構成によれば、透明板254の先端面に設けられた散乱体256を試料2に近接させた

15

状態でXY走査するか、或いは、各測定ポイント毎に、散乱体256を試料2に近接させて散乱光を発生させ、その散乱光を測定した後、一旦散乱体256を試料2から離間させるといったプロセスを繰り返すことによって、測定が行われる。

【0072】本変形例に適用した探針8は、凹凸のある試料2の場合、散乱体256が試料2の凹所に完全に入り込めないため高分解能の画像化は難しいが、平面状試料2に限定すれば、散乱体256以外での散乱は起こり得ないので、高分解能な画像情報（AFM測定情報やSNOM測定情報）を得ることができる。更に、傾き調整機構258を設けたことによって、試料2に対する透明板254の先端面の傾きを簡単且つ短時間に調整できるため、測定に要する時間の短縮化を実現することができる。

【0073】また、第3の変形例として、例えば図9に示すように、先端が先鋭化した突起部10cを囲むようにレバー部12上に複数の光検出素子270a、270b、270c、270dを配列し、これら光検出素子から出力された電気信号に基づいて、SNOM測定情報を検出しても良い。

【0074】この場合、各々の光検出素子270a、270b、270c、270dから出力された電気信号は、光電子増倍管76からでは無く、コンピュータ22によって制御可能なアナログスイッチ（図示しない）を介してSNOM検出ユニット70に取り込まれることになる。

【0075】本変形例では、上述したように突起部10cを囲むように配列された複数の光検出素子270a、270b、270c、270dによって直接散乱光を検出しているため、散乱光の角度依存性を考慮したSNOM測定情報を更に正確に得ることができる。

【0076】また、レバー部12は、必ずしも透明である必要は無いため、アルミニウム膜（高反射膜）20は、レバー部12全体に亘ってコーティングすることが可能となり、この結果、探針8の先端部（レバー部12の先端領域）近傍の変位を測定することが可能となる。

【0077】また、第4の変形例として、例えば図10に示すように、レバー部12の一部が入射光の波長及び画像化に利用する波長に対して十分な透過率を有し、且つ、この部分に所定のピッチでグレーティング280が掘られた探針8を適用しても良い。

【0078】この場合、アルミニウム膜（高反射膜）20は、グレーティング280が掘られた部分以外の領

16

域、例えばレバー部12の先端領域（突起部10dの裏面側領域）にコーティングされる。

【0079】また、グレーティング280は、突起部10dからの散乱光を対物レンズ16の方向に平行に回折させるように形成されている。本変形例によれば、例えばピンホール162の位置をグレーティング280に対して選択的に移動させるだけで簡単且つ正確に散乱光の角度依存性を考慮したSNOM測定情報を得ることができる。

【0080】

【発明の効果】本発明によれば、散乱光の検出角度が制限されることなく、広い角度範囲の散乱光を検出することが可能な走査型近接場光学顕微鏡用探針及び走査型近接場光学顕微鏡を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る走査型近接場光学顕微鏡の構成を示す図。

【図2】図1に示された走査型近接場光学顕微鏡に設けられた光電子増倍管の内部構成を示す図。

【図3】図1に示された走査型近接場光学顕微鏡に設けられた探針の構成を示す斜視図。

【図4】図1に示された走査型近接場光学顕微鏡に設けられたSNOM測定用照明装置の構成を示す斜視図。

【図5】図1に示された走査型近接場光学顕微鏡に設けられた照明用ビームスプリッタの構成を示す斜視図。

【図6】図1に示された走査型近接場光学顕微鏡に適用可能なSNOM測定用照明装置の主要な構成を示す図。

【図7】本発明の第1の変形例に適用した探針の構成を示す斜視図。

【図8】本発明の第2の変形例に適用した探針の構成を示す斜視図。

【図9】本発明の第3の変形例に適用した探針の構成を示す斜視図。

【図10】本発明の第4の変形例に適用した探針の構成を示す斜視図。

【符号の説明】

8 探針

10 突起部

12 レバー部

14 支持部

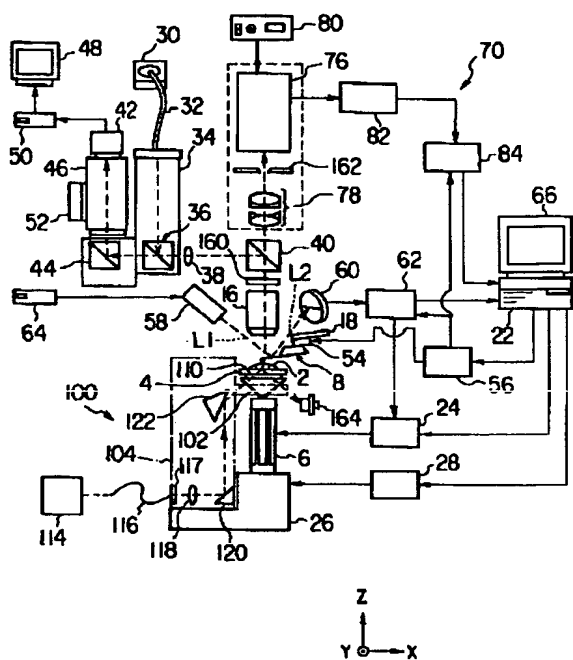
20 アルミニウム膜

200 突起部基部

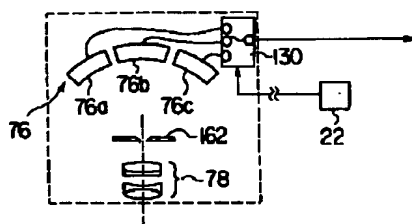
202 散乱体

W レバー部の先端領域

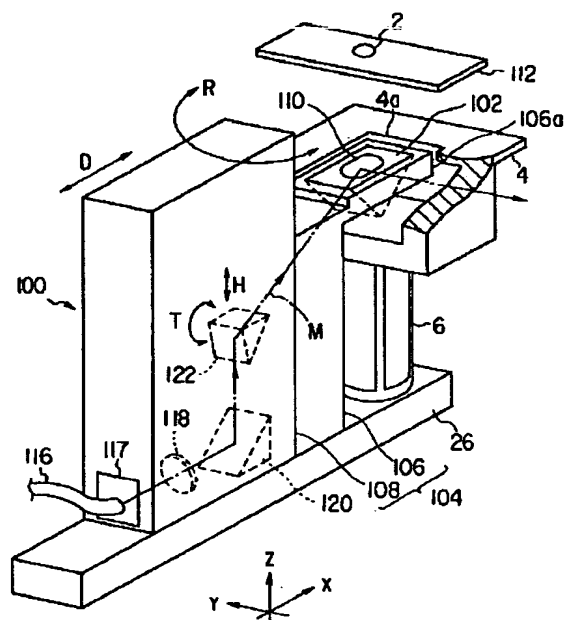
【図 1】



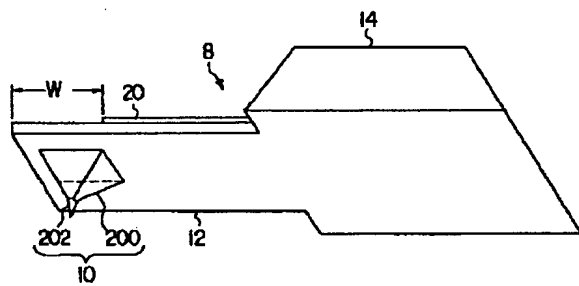
【図2】



【図4】

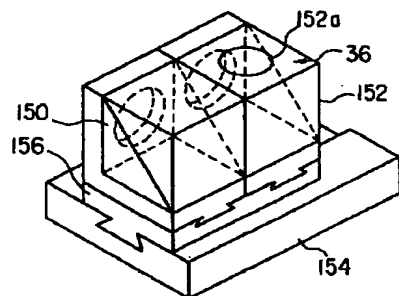


【図3】

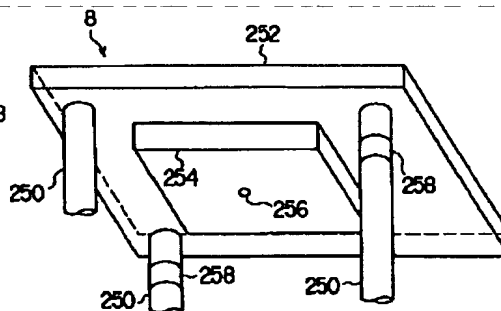
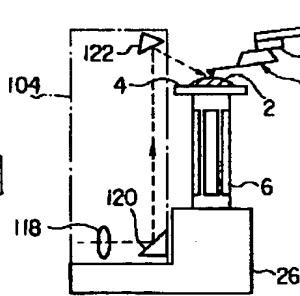


【図8】

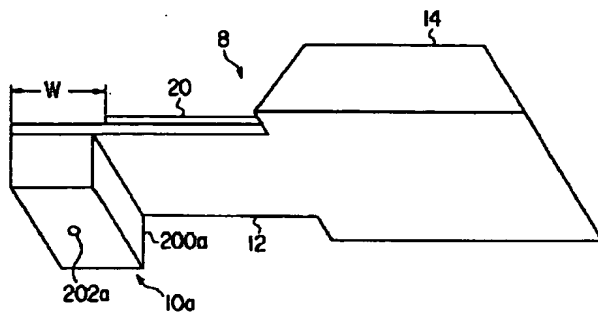
【図5】



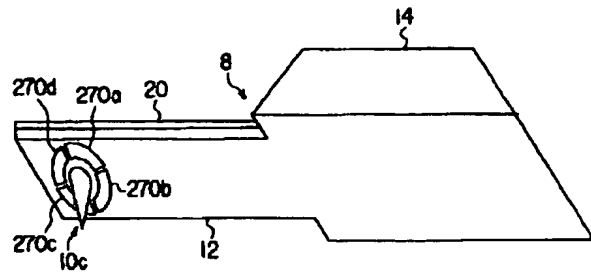
【図6】



【図7】



【図9】



【図10】

